

圧電素子による密詰砂地盤内での一次元振動の減衰評価

東京大学生産技術研究所 学生会員 ○原 佑太郎 フェロー会員 桑野玲子 正会員 大坪正英 久野 洵
鹿島建設(株) 正会員 永谷英基 川野健一 佐藤一成

1. 序論

近年、地下大深度工事による地上での振動問題が顕在化しているが、被害をもたらす振動の発生源、地盤内の伝播特性、および地表における影響については解明されていない。そこで、工事に伴う振動発生メカニズムを解明すると共に、地盤内での基礎的な振動伝播特性を明らかにし、大深度掘削工事に伴う振動伝播の抑制方法を模索する必要がある。本稿では特に、密詰砂地盤内を伝わるせん断波の減衰特性について、円柱供試体を用いて評価した。

2. 実験供試体

一次元の波動の減衰を評価するため、3Dプリンターで作製した直径3cmのプラスチック製モールド(写真-1)を使用した。プラスチック製モールドは半割にすることが可能で、波動の伝播方向に長さ10cmの円柱供試体を作製することができる。そこで、メンブレンを取り付けたモールド内に、乾燥状態のケイ砂5号を鉛直上方から注ぎ入れ、側面をタッピングして土試料を締め固めた。その後、プラスチック製モールドの反対側に直径3cmの圧電素子をもう1台取り付けて土試料が漏れないようにした。投入したケイ砂5号の重量から算出した間隙比は0.89であった。その後、直径2mmの配管を土供試体の中に挿入して供試体内に負圧を引きこむことで、50kPa相当の拘束圧をプラスチック製モールドがない状態で載荷した(写真-2、写真-3)。

3. 実験方法

図-1に示すように、ファンクションジェネレーターで任意の振動数を持つ波を発生させ、圧電素子を介して任意の振動数を持つ波を送信した。波形を送信した圧電素子の反対側にも、波形を受信するための圧電素子が備わっている。受信側圧電素子はオシロスコープに繋がっており、観測されたせん断波の波形を表示できる。せん断波の減衰を評価するために、1波長分のせん断波の送信を30回繰り返し、測定した受信波の平均値を測定値とし、測定誤差を起因とする測定値のばらつきの影響を軽減した。

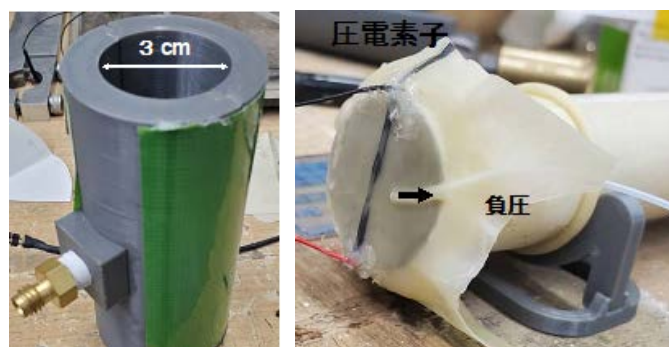


写真-1 モールド

写真-2 供試体端部



拘束圧: 50kPa

写真-3 実験供試体

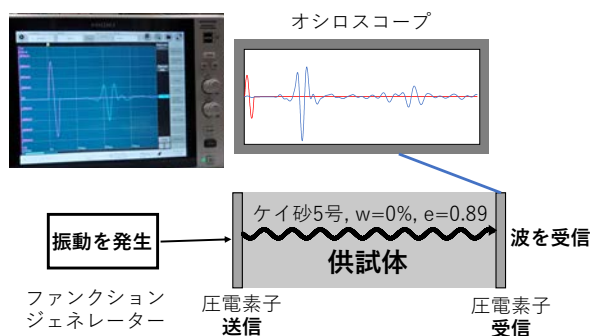


図-1 圧電素子による波形の発生イメージ

キーワード：圧電素子，一次元振動，減衰評価

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 TEL 03-5452-6843

4. 実験結果

振動数 10 kHz のせん断波を供試体内部に発生させた時の受信波形を図-2 に示す。圧電素子の受信側では2つの波が観測された。第1波は圧電素子から供試体内を通り反対側の受信器に到達した波形と考えられる。第2波は第1波が供試体内を1往復した後、さらに供試体内を往復して到達した波だと考えられる。ここで、第1波と第2波の伝播した距離には1往復分である 20 cm の差があり、2つの波形の振幅を比較することで、波が 20 cm 進んだ時の振幅の減衰特性を評価した。

次に、図-1 に示すように、ファンクションジェネレーターで発生させるせん断波の振動数を 10 kHz から 5, 20 kHz に変化させた。図-3 に振動数が 5 kHz の結果を、図-4 に振動数が 10 kHz の結果を示す。その結果、振動数が小さくなるにつれて第1波、第2波の振幅の比が大きくなり、より減衰することがわかった。

また、これらの実験結果から、せん断波速度は振動数が変化しても 200 m/s 前後で概ね一定であった。すなわち、振動数が大きい波は波長が短いことから、同じ伝播距離に対してより多くの波数が存在できると計算できる。そこで、図-5 に示すように、第1波と第2波の振幅比と、第1波と第2波との距離差に相当する波長数との関係をプロットすると、送信波が1波長の距離を進むごとに、せん断波の振幅は 8~12%減衰することが分かった。

5. 課題と今後の予定

せん断波の減衰特性に関して、一次元波動を用いて評価したが、土供試体内の端部における反射によるエネルギー消散の影響を今回の実験では評価することができなかった。そのため、今回の実験で得られた減衰は土供試体内部での減衰だけと判断することができないことから、今後の実験においては供試体端部におけるエネルギー消散の影響を検討していく予定である。

また、圧電素子を重ねると電磁気的な干渉が生じることが判明したため、供試体端部で振動波形の送信と受信を同時に行うことは困難であることが分かった。

さらに、建設工事で対象となる 100Hz 程度の低周波に焦点を当てると、送信する波の波長が長くなるため、現状の供試体高さである 10 cm より大きな供試体を用いる必要がある。そのため、今後は供試体高さを高くした供試体で実験を実施していくことを検討している。

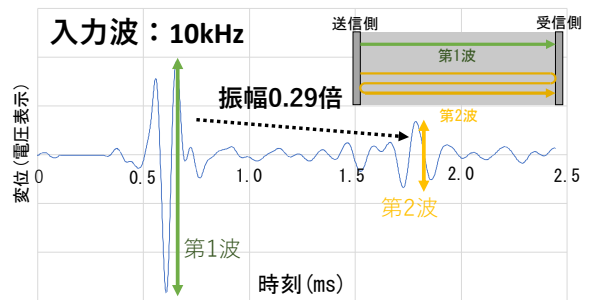


図-2 振動数 10 kHz せん断波の受信波形

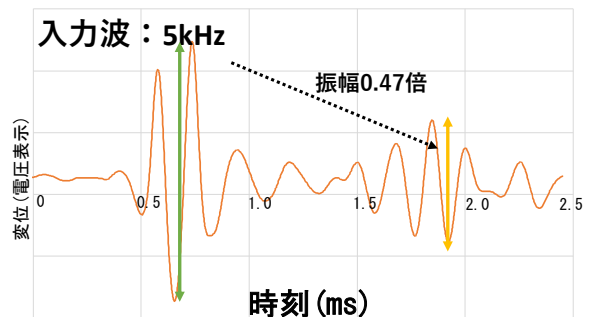


図-3 振動数 5 kHz せん断波の受信波形

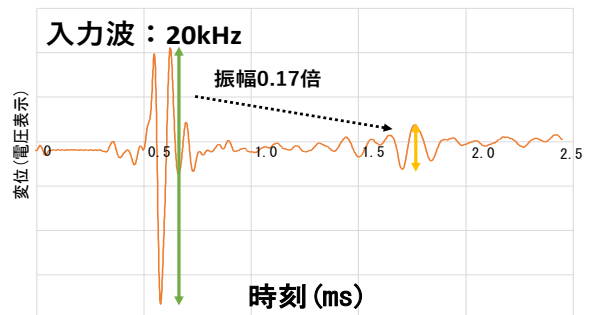


図-4 振動数 20 kHz せん断波の受信波形

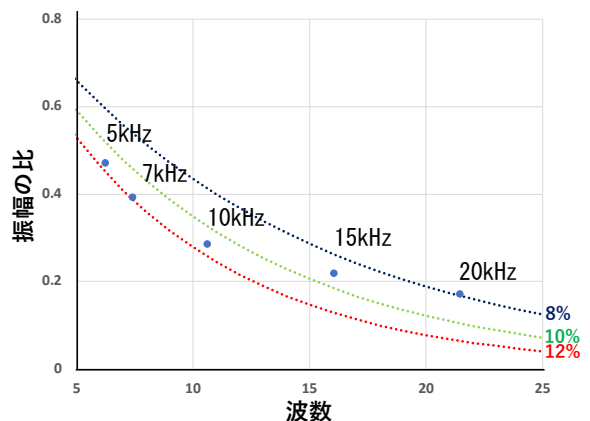


図-5 振幅比と波形との関係